

рис.2. Профиль поверхности вдоль измерительной линии, позволяющий определить геометрические размеры объектов.

Известно, что шероховатость поверхности кремния очень мала и можно ожидать, что эмиссионные свойства структуры кремний-полимер-вакуум будут определяться свойствами полимерной пленки. Для инициации эмиссии на поверхности полимерной пленки формировался положительный заряд, который служил вытягивающим электродом (эффект Малтера). Длительная (в течение нескольких часов) эмиссия электронов приводила к изменению свойств поверхности полимерной пленки (рис.1). Методами оптической и атомно-силовой микроскопии была исследована морфология поверхности полимера до и после наблюдения электронной эмиссии. Показано, что электроны эмиттируются не со всей поверхности полимера, а из отдельных центров субмикронных размеров (рис.2). Вопросы о роли подложки (полупроводник или металл), о структуре полимерной пленки до и после эмиссии, о механизме формирования эмиссионных центров являются предметом дискуссии и дальнейших исследований. Однако простота изготовления кремний-полимерного эмиттера, величина и стабильность эмиссионного тока таковы, что планарная структура кремний-полимер-вакуум может рассматриваться как перспективный источник электронной эмиссии.

Список публикаций:

- [1] Юмагузин Ю.М., Корнилов В.М., Лачинов А.Н. Энергетические распределения электронов в системе металл-полимер-вакуум [Текст] // ЖЭТФ.-2006.-Т (130)- №2.- С.303-308.  
 [2] В.М. Корнилов, А.Н. Лачинов, Б.А. Логинов, В.А. Беспалов, Эмиссионные свойства планарной структуры кремний-полимер-вакуум [Текст] / В.М. Корнилов, А.Н. Лачинов, Б.А. Логинов, В.А. Беспалов // Журнал технической физики.-2009.-Т(79).-№5.

## Термоэлектрические свойства сплавов $\text{Cs}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$ ( $x=0.04, 0.075, 0.125$ )

**Нуриева Лиана Борисовна**

Башкирский государственный университет

Балапанов Малик Хамитович, д.ф.-м.н.

[nurieva.liana@bk.ru](mailto:nurieva.liana@bk.ru)

Сульфид меди является важным полупроводником р-типа из-за его уникальных оптических и электрических свойств, в том числе других физических и химических свойств. В последние годы он интенсивно исследуется как перспективный термоэлектрический материал [1]. Возможности нанотехнологий позволяют изменять электрические свойства одного и того же вещества в зависимости от способа приготовления, размеров частиц и их формы, структурирования и других факторов в весьма широких пределах [2]. Однако, анализ публикаций за последние 10 лет показывает, что даже само по себе применение нанокристаллического порошка в объемных термоэлектрических материалах способно повысить основной параметр материала - термоэлектрическую эффективность на 20 - 30 %.

В данной работе были исследованы сплавы  $\text{Cs}_x\text{Cu}_{2-x}\text{S}$  ( $x=0.04, 0.075, 0.125$ ), полученные реакцией необходимых количеств  $\text{CsCl}$ ,  $\text{CuCl}$  и девятиводного сульфида натрия в расплаве  $\text{NaOH}$  и  $\text{KOH}$  при  $165^\circ\text{C}$ .

Согласно известной формуле (1), полученной впервые А.Ф. Иоффе, эффективность  $Z$  работы полупроводника в термоэлектрических устройствах определяется его тремя кинетическими параметрами:

$$Z = \alpha^2 \sigma / \chi \quad (1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент термо-э.д.с. (коэффициент Зеебека),  $\sigma$  – электрическая проводимость,  $\chi$  – теплопроводность материала,  $T$  – рабочая температура. Чаще используется безразмерный параметр  $ZT$  (2), называемый термоэлектрической эффективностью:

$$ZT = \alpha^2 \sigma T / \chi \quad (2)$$

Для определения ZT были проведены измерения коэффициента термо-э.д.с., электропроводимости и теплопроводности сплавов. На рисунке 1 показаны измеренные значения термоэлектрической эффективности ZT сплавов в области температур 300 – 700 К.

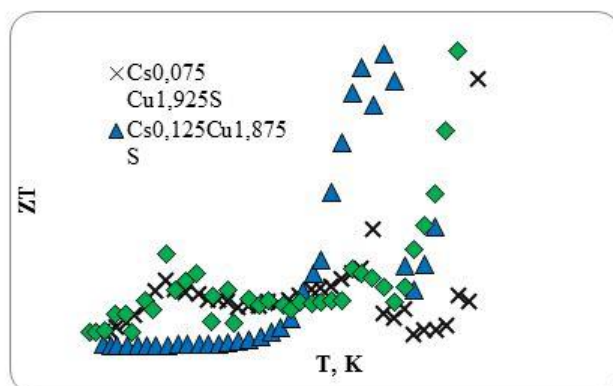


рис. 1. Температурные зависимости термоэлектрической эффективности ZT сплавов

В области фазовых переходов (550–650 К) наблюдаются высокие значения, значительно превышающие показатели ( $ZT \approx 1$  при 300–400 К) сплава теллурида висмута  $(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2(\text{Se}_{1-y}\text{Te}_y)_3$ , наиболее распространенного промышленно производимого термоэлектрика [1–3]. Кроме того можно отметить, что при малой степени легирования цезием в несколько раз увеличивается ZT по сравнению с чистым сульфидом меди вблизи 400 К. Рост ZT обусловлен повышением коэффициента термо-э.д.с. и снижением теплопроводности сплавов в результате легирования.

Список публикаций:

- [1] Pengfei Qiu, Xun Shi, Lidong Chen. Cu-based thermoelectric materials // *Energy Storage Materials*. 2016. V.3. P.85–97.
- [2] Дмитриев А.В. Звягин И.П. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов // *УФН*. – 2010. Т. 180, № 8. С. 821 – 838.
- [3] Z. H. Ge, B. P. Zhang et al. Synthesis and transport property of  $\text{Cu}_{1.8}\text{S}$  as a promising thermoelectric compound, *Chem. Commun.* 2011. V.47. P. 12697.

## Поведение частоты резонанса ультразвука многокомпонентной керамики при условиях стабилизации температуры

**Османова Елена Вугаровна**

**Боркунов Валентин Алексеевич**

*Волгоградский государственный технический университет*

*Бурханов Анвер Идрисович д.ф.-м.н.*

[lenakulagina69@gmail.com](mailto:lenakulagina69@gmail.com)

Известно, что пятикомпонентный состав керамики на основе цирконата-титаната свинца  $(\text{PbTiO}_3\text{-PbZrO}_3\text{-PbNb}_{2/3}\text{Zn}_{1/3}\text{O}_3\text{-PbW}_{1/2}\text{Mg}_{1/2}\text{O}_3\text{-PbW}_{3/5}\text{Li}_{2/5}\text{O}_3\text{-Yb}_2\text{O}_3)$  является не только перспективным материалом для прикладных применений, но и актуальным с точки зрения исследований различного типа физических процессов в области температур структурных фазовых переходов.

Целью настоящей работы являлось исследование стабильности упругих свойств в области размытого структурного фазового перехода в данном составе керамического материала на основе цирконата-титаната свинца.

Керамика исследуемого состава получена методом горячего прессования в институте высоких технологий и пьезотехники Южного федерального университета. Образцы изготовлены в виде брусков длиной 15 мм и толщиной 2 мм (квадрат в сечении) с электродами на больших гранях. В качестве электродов использовалось воженное серебро.

Для оценки упругих характеристик материала использовался резонансный метод измерения скорости продольных звуковых волн, когда поляризованный образец зажимался в узле колебаний и возбуждался на собственных частотах продольных колебаний. Через зажимы подавалось возбуждающее поле в виде импульсов синусоидальных колебаний длительностью 6 мс. Скорость звука  $v$  определялась по формуле (1):